

⑫ 公開特許公報(A)

平2-46407

⑬ Int.Cl.⁵

G 02 B 6/12

H 01 L 27/14

H 01 S 3/18

識別記号

N

M

庁内整理番号

7036-2H

7036-2H

7733-5F

7377-5F

7377-5F

H 01 L 27/14

⑭ 公開 平成2年(1990)2月15日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑮ 発明の名称 光導波路及びその製造方法

⑯ 特 願 昭63-196831

⑰ 出 願 昭63(1988)8月5日

⑱ 発 明 者 山 崎 康 二 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

⑲ 出 願 人 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 上柳 雅 誉 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光導波路及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 基板上にII-VI族化合物半導体より成る第1のクラッド層と該クラッド層よりも大きな屈折率を有するII-VI族化合物より成る導波路層と該導波路層よりも小さな屈折率を有するII-VI族化合物半導体より成る第2のクラッド層を積層した構造を有しかつ少なくとも導波路層及び第2のクラッド層がリッジ型であることを特徴とする光導波路。

(2) 基板上に第1のクラッド層を形成する工程と、該第1のクラッド層上にマスクを形成する工程と、該マスクを用いて導波路層及び第2のクラッド層を第1のクラッド層上の一部に選択的に形成する工程と、マスクを除去する工程を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

(3) 基板上にマスクを形成する工程と、該マスクを用いて第1のクラッド層及び導波路層及び第2のクラッド層を基板上の一部に選択的に形成する工程と、マスクを除去する工程を含むことを特徴とする第2項記載の光導波路の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、光集積回路或いは光電子集積回路等の構成要素として用いられるII-VI族化合物半導体の光導波路に関する。

〔従来の技術〕

従来報告されているII-VI族化合物半導体の光導波路は、トシヤ・ヨコガワ、アブライド・フィジックス・レクター(Toshiya Yokogawa, Appl. Phys. Lett) Vol. 52, No. 2, (1988) 120 に記載されている構造のものである。第5図は該光導波路の概略図であり、6はGaAs基板、7はZnSより成るクラッド層、8はZnSe-ZnS超格子より成る導波路層、9はSiO₂のストライ

ブである。この光導波路は SiO_2 のストライプ幅が $6\mu\text{m}$ 、導波路層の厚さが $0.4 \sim 1.24\mu\text{m}$ の時、波長が $0.633\mu\text{m}$ の光に対してシングルモードとなり、又伝搬損失は 0.71dB/cm であると報告されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、前述の従来技術の光導波路は導波路層上にストライプ状の SiO_2 を形成することにより、界面と平行な方向の実効的な屈折率段差をつけている為、この方向における導波路領域とクラッド域との屈折率の段差が小さく光の閉じ込めが有効に行われないという課題を有する。そこで本発明はこの様な課題を解決するもので、その目的とするところは光を有効に閉じ込める構造の II-VI 族化合物半導体の光導波路及びその製造方法を提供するところにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の光導波路は、基板上に II-VI 族化合物半導体より成る第 1 のクラッド層と該クラッド層よりも大きな屈折率を有する II-VI 族化合物より

成る導波路層と該導波路層よりも小さな屈折率を有する II-VI 族化合物半導体より成る第 2 のクラッド層を積層した構造を有しかつ少なくとも導波路層及び第 2 のクラッド層がリッジ型であることを特徴とする。さらに該光導波路の第 1 の製造方法は、基板上に第 1 のクラッド層を形成する工程と、該第 1 のクラッド層上にマスクを形成する工程と、該マスクを用いて導波路層及び第 2 のクラッド層を第 1 のクラッド層上の一部に選択的に形成する工程と、マスクを除去する工程とを含むことを特徴とする。又第 2 の製造方法は、基板上にマスクを形成する工程と、該マスクを用いて第 1 のクラッド層及び導波路層及び第 2 のクラッド層を基板上の一部に選択的に形成する工程と、マスクを除去する工程とを含むことを特徴とする。

〔実施例 1〕

第 1 図は本発明の実施例における II-VI 族化合物半導体の光導波路の概略断面図である。1 は GaAs 基板、2 は ZnS より成るクラッド層、3 は ZnSe より成る導波路層、4 は ZnS より成

3

るクラッド層である。この構造において、界面と垂直な方向は導波路層の屈折率が 2.34 に対して上部及び下部のクラッド層の屈折率が 2.31 であり屈折率の段差は十分に大きく、又界面と平行な方向においても屈折率が 2.34 の導波路層を屈折率が 1.0 の大気で挟んだ構造の為屈折率の段差は十分に大きい。この様に導波路層とその周囲との屈折率の段差が大きい為、導波路層への光の閉じ込めが有効に行われる。又導波路層とクラッド層の屈折率差が比較的小さい為、シングルモードとなる導波路層の厚さの許容範囲が広くなりシングルモードの光導波路の作製が容易である。 $0.6328\mu\text{m}$ の波長の光を用いて該光導波路の伝搬損失を測定したところ 0.5dB/cm 以下と低損失なものであった。これは、前述した様に光が導波路層内に有効に閉じ込められている為、 GaAs 基板中への光のしみ出しが小さく GaAs 基板内での吸収が小さいことを示す。又、後述する様に光導波路の製造工程において導波路層のエッチングをする必要がない為、導波路層の

4

表面が平坦であり散乱損が小さいことも低損失の一因である。 ZnS 及び ZnSe 等の II-VI 族化合物半導体は、基板の GaAs と同じ閃亜鉛鉱型の結晶構造である為 GaAs 基板上に容易にエピタキシャル成長できる。又、発光素子及び受光素子等の光デバイスや電子デバイスも GaAs 基板上に作製することができる為、本発明の光導波路はこれらのデバイスを集積化した光集積回路或いは光電子集積回路等に容易に応用することができる。又基板として GaAs 以外にも InP 等の III-V 族半導体基板も用いることができる。又導波路層及びクラッド層の材料として表 1 に示した様な II-VI 族化合物半導体を用いることもできる。

表 1

導波路層	クラッド層
ZnSe	ZnS
CdS	ZnSe , ZnS
ZnTe	CdS , ZnSe , ZnS
CdSe	ZnTe , CdS , ZnSe , ZnS

5

6

以下に上述した第1図の光導波路の製造方法を第3図(a)～(d)を用いて説明する。初めに、GaAs基板上に下部のクラッド層となるZnS層をMOCVD法によりエピタキシャル成長し、次に熱CVD法等によりマスクのSiO₂を堆積する。この状態が第3図(a)である。ZnSのエピタキシャル成長方法には、他にMBE法、MOMBE法或いはホットウォールエピタキシー法等があり、これ等の方法によってもZnSのクラッド層を同様に形成することが可能である。次にフォトリソグラフィ技術によりSiO₂のパターニングを行う。この場合導波路層を形成する部分のSiO₂膜をエッチングにより除去する。この状態が第3図(b)である。パターニングされたSiO₂をマスクとして選択エピタキシャル成長により導波路層のZnSe及びクラッド層のZnSを連続して形成する。この時マスクのSiO₂上には堆積物がなく第3図(c)の様な状態となる。ZnS及びZnSeの選択エピタキシャル成長は以下の様な方法で行うことができ

7

垂直な方向は導波路層の屈折率が2.34に対して上部及び下部のクラッド層の屈折率が2.31であり屈折率の段差は十分に大きく、又界面と平行な歩行においても屈折率が2.34の導波路層を屈折率が1.0の大気で挟んだ構造の為屈折率の段差は十分に大きい。この様に導波路層とその周囲との屈折率の段差が大きい為、導波路層への光の閉じ込めが有効に行われる。又導波路層とクラッド層の屈折率差が比較的小さいため、シングルモードとなる導波路層の厚さの許容範囲が広くなりシングルモードの光導波路の作製が容易である。0.6328 μ mの波長の光を用いて該光導波路の伝搬損失を測定したところ0.5dB/cm以下と低損失なものであった。これは、前述した様に光が導波路層内に有効に閉じ込められている為、GaAs基板中への光のしみ出しが小さくGaAs基板内での光吸収が小さいことを示す。又、後述する様に光導波路の製造工程において導波路層のエッチングをする必要がない為、導波路層の表面が平坦であり散乱損が小さいことも低損

9

る。原料としてZn及びS及びSeの有機化合物を用い、成長圧力が100Torr以下、成長温度が400℃以上700℃以下、VI族原料とII族原料の供給モル比が6以下の条件の下で減圧MOCVD法或いはMOMBE法により行う。導波路層のZnSe及びクラッド層のZnSを形成した後、沸酸系のエッチャントによりSiO₂を除去し第3図(d)の様に光導波路が完成する。上記の例ではマスクとしてSiO₂を用いた例について示したが、Si₃N₄等の他の誘電体薄膜或いはW等も同様に用いることができる。又、CdS、ZnTe、CdSe等の選択エピタキシャル成長する場合、Cd、S、Zn、Te、Seのそれぞれの有機化合物を原料として用いる。

[実施例2]

第2図は本発明の実施例におけるII-VI族化合物半導体の光導波路の概略断面図である。1はGaAs基板、2はZnSより成るクラッド層、3はZnSeより成る導波路層、4はZnSより成るクラッド層である。この構造において、界面と

8

失の一因である。又光導波路を構成している導波路層のZnSe及び2つのクラッド層を成しているZnSを同一成長炉内で連続して形成できる為、これらの界面における不純物濃度或いは欠陥濃度が低くなる。これにより導波路層のZnSe中の不純物或いは欠陥濃度が低くなる。この様に本発明の構造の光導波路においては、導波路層及び導波路層とクラッド層との界面における不純物或いは欠陥濃度が低くなる為、該不純物或いは欠陥が形成する深い準位に関する光吸収が減少し低損失の光導波路となる。

ZnS及びZnSe等のII-VI族化合物半導体は、基板のGaAsと同じ閃亜鉛鉱型の結晶構造である為GaAs基板上に容易にエピタキシャル成長できる。又、発光素子及び受光素子等の光デバイスや電子デバイスもGaAs基板上に作製することができる為、本発明の光導波路はこれらのデバイスを集積化した光集積回路或いは光電子集積回路等に容易に応用することができる。又基板としてGaAs以外にもInP等のIII-V族半導

体基板も用いることができる。又導波路層及びクラッド層の材料として表1に示した様なII-VI族化合物半導体を用いることもできる。

以下に上述した第2図の光導波路を第4図(a)～(d)を用いて説明する。初めに、GaAs基板上に熱CVD法等によりマスク5のSiO₂を堆積する。この状態が第4図(a)である。次にフォトリソグラフィ技術によりSiO₂のパターニングを行う。この場合導波路層を形成する部分のSiO₂をエッチングにより除去する。この状態が第4図(b)である。パターニングされたSiO₂をマスクとして選択エピタキシャル成長により下部のクラッド層となるZnS及び導波路層のZnSe及び上部のクラッド層となるZnSを同一の成長炉内で連続して形成する。この時マスクのSiO₂上には堆積物がなく第4図(c)の様な状態となる。ZnS及びZnSeの選択エピタキシャル成長は以下の様な方法で行うことができる。原料としてZn及びS及びSeの有機化合物を用い、成長圧力が100Torr

以下、成長温度が400℃以上700℃以下、VI族原料とII族原料の供給モル比が6以下の条件の下で減圧MOCVD法或いはMOMBE法により行う。上部のクラッド層のZnSまで形成した後、沸酸系のエッチャントによりSiO₂を除去し第4図(d)の様に光導波路が完成する。上記の例においてはマスクとしてSiO₂を用いた例について示したが、Si₃N₄等の他の誘電体薄膜或いはW等も同様に用いることができる。又、CdS、ZnTe、CdSe等の選択エピタキシャル成長する場合、Cd、S、Zn、Te、Sのそれぞれの有機化合物を原料として用いる。

【発明の効果】

以上述べた様に本発明のII-VI族化合物半導体の光導波路は下記の効果を有する。

- i) 本発明の光導波路の構造において光の閉じ込めを有効に行うことができる。
- ii) i)により光学的な非線形効果を有効に使うことが可能になる。
- iii) シングルモードとなる導波路の厚さの許容

1 1

範囲が広い為、シングルモードの光導波路が容易に作製できる。

- iv) 可視の光に対して低損失である。

v) 発光素子及び受光素子を構成するIII-V族化合物半導体と同じ結晶構造を有する為、これ等の光デバイスと同一基板上に本発明の光導波路を容易に作製することが可能である。これは、本発明の光導波路が光集積回路或いは光電子集積回路等の構成要素として適していることを意味する。又、本発明の光導波路の製造方法は以下の様な効果を有する。

vi) 上記の構造の光導波路をセルフアラインプロセスで容易に作製することができる。

vii) 導波路層のエッチング工程が不要である為、エッチングによって必然的に起る表面の荒れを防ぐことができ散乱損失の小さい光導波路を作製することができる。

viii) 実施例2で述べた構造の光導波路は1回の成長で導波路層及びクラッド層が形成できる為、高品質の光導波路が容易にしかも高い歩留り

1 2

で作製できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例におけるII-VI族化合物半導体の光導波路の概略断面図。

第2図は本発明の実施例におけるII-VI族化合物半導体の光導波路の製造工程を示す概略断面図。

第3図(a)～(d)は、本発明の実施例における第1図の構造の光導波路の製造工程を示す概略断面図。

第4図(a)～(d)は本発明の実施例における第2図の構造の光導波路の製造工程を示す概略断面図。

第5図は従来技術のII-VI族化合物半導体の光導波路の概略図。

- 1・・・GaAs基板
- 2・・・ZnSクラッド層
- 3・・・ZnSe導波路層

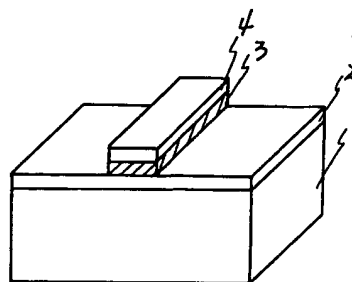
1 3

1 4

- 4・・・ZnSクラッド層
- 5・・・SiO₂マスク
- 6・・・GaAs基板
- 7・・・ZnSクラッド層
- 8・・・ZnSe-ZnS超格子導波路層
- 9・・・SiO₂

以 上

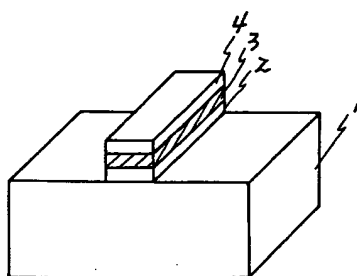
出願人 セイコーエプソン株式会社
代理人 弁理士 上 柳 雅 啓 (他1名)



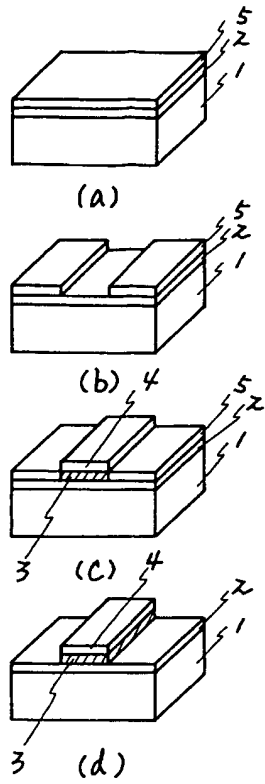
- 1・・・GaAs基板
- 2・・・ZnSクラッド層
- 3・・・ZnSe導波路層
- 4・・・ZnSクラッド層

第1図

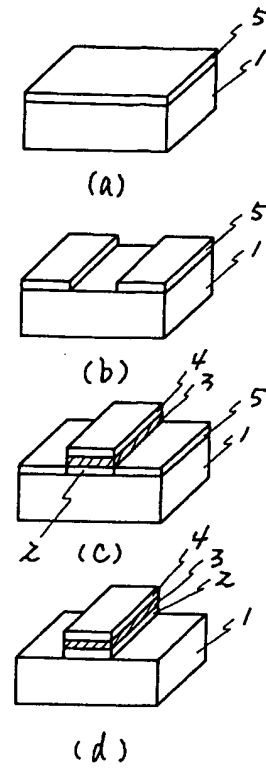
15



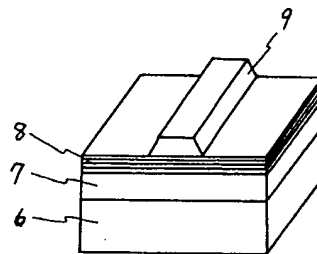
第2図



第3図



第4図



第5図

1 / 1 PLUSPAT - @QUESTEL-ORBIT - image

Patent Number :

JP2046407 A 19900215 [JP02046407]

Title :

(A) OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS PRODUCTION

Patent Assignee :

(A) SEIKO EPSON CORP

Patent Assignee :

(A) SEIKO EPSON CORP

Inventor(s) :

(A) YAMAZAKI KOJI

Application Nbr :

JP19683188 19880805 [1988JP-0196831]

Priority Details :

JP19683188 19880805 [1988JP-0196831]

Intl Patent Class :

(A) G02B-006/12 H01L-027/14 H01L-027/15 H01S-003/18

Publication Stage :

(A) Doc. Laid open to publ. Inspec.

Abstract :

PURPOSE: To execute effective confinement of light by forming a striped SiO(sub 2) film on a waveguide layer thus forming an optical waveguide having an effective stage difference of refractive index to that of a direction parallel to a boundary face.

CONSTITUTION: A ZnS layer functioning as a lower clad layer is formed by an epitaxial growth by an MOCVD method on a GaAs substrate, then an SiO(sub 2) mask 5 is deposited by a thermal CVD method. Then, the SiO(sub 2) film is patterned and the SiO(sub 2) film at the part for forming a waveguide layer is removed. A ZnSe layer for a waveguide layer and a ZnS layer for a clad layer are formed successively by a selective epitaxial growth using the patterned SiO(sub 2) film. In this stage, there is no deposit on the masking SiO(sub 2) film. For the selective epitaxial growth of ZnS and ZnSe, org. compds. of Zn, S, and Se are used as raw materials, and the pressure is regulated to <+100Torr, the temp. to >=400 deg.C and <+700 deg.C, and a molar ratio of a VI group raw material and a II group to be fed to <+6, by a reduced pressure MOCVD method. Thus, a ZnSe layer for a waveguide layer and ZnS layer for a clad layer are formed. An optical waveguide is completed by removing SiO(sub 2) with HF.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio